



Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för naturresurser och lantbruksvetenskap
Livsmedelsvetenskap

Tillagning i mikrovågsugn och dess effekt på livsmedel

- En jämförelse med konventionell tillagning

Microwave cooking and its effects on food

- A comparison with conventional cooking

Linda Gottfridsson

Institutionen för Livsmedelsvetenskap
Swedish University of Agricultural Sciences

Department of Food Science

Publikation nr 329
Uppsala 2011

Tillagning i mikrovågsugn och dess effekt på livsmedel

Microwave cooking and its effects on food

Linda Gottfridsson

Handledare: Paresh Dutta, SLU, Livsmedelsvetenskap

Examinator: Lena Dimberg, SLU, Livsmedelsvetenskap

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: Grundnivå, G2E

Kurstitel: Självständigt arbete i livsmedelsvetenskap

Kurskod: EX0669

Program/utbildning: Agronomprogrammet - livsmedel

Utgivningsort: Uppsala

Utgivningsår: 2011

Serietitel: Publikation/Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för livsmedelsvetenskap

Publikation nr: 329

Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: mikrovågsugn, tillagning, näringsämnen, konventionell

Abstract

Microwave is a time- efficient device for heating and reheating of foods. Despite the fact that its effects on foods have been evaluated during a long period of time, without any more negative effects shown compared to conventional cooking, one third of the Swedish population believes (in 2010) it accounts for a higher loss of nutrition.

This literature review aim to compile studies regarding how food is affected by cooking in microwave, with respect to cooking losses, nutrition, secondary metabolites as well as sensory and textural aspects and compare it with conventional cooking.

The compilation shows that different combination of effect (W), time and amount of water during microwave cooking have different effects on foods. The contents of proteins, vitamin B and carbohydrates are generally higher after microwave cooking, while anti-nutritional substances are affected much less during conventional cooking. This also depends on if it is of animal or non-animal origin. However, for the majority of nutrition values the differences are quite small. If a limited amount of water is used, that difference might increase due to less leaching. To summarize; cooking in a microwave is marginally better or equivalent to conventional method.

Sammanfattning

Mikrovågsugn är en tidseffektiv anordning för tillagning och uppvärmning av livsmedel. Trots att dess effekter på livsmedel har undersökts under lång tid utan att visats ha en större negativ effekt än konventionell tillagning, tror en tredjedel av den svenska befolkningen år 2010 att den ger högre näringsförluster.

Denna litteraturstudie ämnar sammanställa studier beträffande hur livsmedel påverkas av tillagning i mikrovågsugn med avseende på vätskeinnehåll, näringsvärde, sekundära metaboliter samt sensorik och textuuregenskaper och jämföra det med konventionell tillagning.

Sammanställningen visar totalt sett att olika kombinationer av effekt (W), tider och volym vatten vid tillagning har olika inverkan på livsmedel. Innehållet av proteiner, vitamin B och kolhydrater är generellt högre efter tillagning i mikrovågsugn, medan antinutritionella substanser inte påverkas i lika hög utsträckning som vid konventionell tillagning. Detta beror även på om det är av animaliskt eller icke-animaliskt ursprung. För majoriteten av näringsvärden är dock skillnaden marginell. Om en begränsad mängd vatten används vid tillagning i mikrovågsugn kan denna skillnad öka till följd av mindre urlakning. Sammanfattningsvis är tillagning och uppvärmning i mikrovågsugn marginellt bättre eller likvärdigt med konventionell.

Innehållsförteckning

1. Introduktion.....	7
2. Material och metod	7
3. Resultat av litteraturstudie	8
3.1 Mikrovågsugns princip och funktion.....	8
3.2 Näringsvärdesförändringar	10
3.2.1 Vätskeinnehåll.....	10
3.2.2 Protein och aminosyror	10
3.2.3 Kolhydrater	12
3.2.4 Fett och fettsyror	13
3.2.5 Mineraler.....	14
3.2.6 Fettlösliga vitaminer	16
3.2.7 Vattenlösliga vitaminer	19
3.2.8 Antioxidantaktivitet	21
3.3 Glukosinolater	22
3.4 Antinutritionella substanser	24
3.6 Sensoriska, texturrelaterade och kvalitetsmässiga förändringar.....	24
3.6.1 Ytskorpa och brunfärgning	24
3.6.2 Saftighet	25
3.6.3 Smak-, färgämnen och	26
3.6.4 Uttorkning	26
3.6.5 Optimala sensoriska egenskaper	26
4. Diskussion.....	26
5. Referenser	27
Bilaga 1	29

1. Introduktion

Det finns en mängd olika sätt att tillaga och värma livsmedel på. Några av de vanligaste metoderna är kokning, stekning, ångkokning samt upphettning i mikrovågsugn. Då mikrovågsugn är ett tidseffektivt sätt att värma livsmedel på har användningen av denna anordning blivit utbredd och välkänd av många konsumenter, och den förekommer frekvent både på arbetsplatser, skolor samt i enskilda hushåll. Eftersom mikrovågsugnen är så vanlig i vårt samhälle finns det en mängd olika åsikter och myter om dess påverkan på både livsmedel och hälsa. Åsikterna varierar kraftigt beroende på kunskap och utbildning hos åsiktsinnehavaren.

Mikrovågsugnen introducerades i storkök på 1960-talet och har därefter successivt nått enskilda hushåll (Danfors, 1989). Dess påverkan på livsmedel och hälsa har undersökts under flera decennier, framförallt under 80-talet och tidigare delen av 90-talet. Både media och konsumenter debatterar detta än idag. Kunskapsnivåerna och de vetenskapliga bevisen i debatten varierar dock kraftigt i kvalitet och Tommy Svensson (2009) redovisar några ståndpunkter som t.ex. att livsmedel som värmts i mikrovågsugn kan öka cancerrisken, att vissa näringämnen blir svårare för kroppen att ta upp och att denna uppvärmning kan ge en näringsförlust på upp till 60–90 %. Ytterligare en åsikt är att livsmedel som värmts i mikrovågsugn kan ge skador på matsmältning och immunförsvar. En annan ståndpunkt är att mikrovågsugnen inte alls är ett dåligt alternativ för att tillaga och värma livsmedel (Sundin, 2010).

Frågan är vilka av dessa åsikter som är belagda med vetenskapliga fakta. En majoritet av vetenskapliga artiklar och undersökningar indikerar att mikrovågsugnen inte försämrar näringsvärdet i livsmedel mer än konventionell tillagning och uppvärmning. Trots detta förekommer det än idag information i media om motsatsen. Problematiken med detta åskådliggörs bland annat i en undersökning genomförd 2010 av Konsumentföreningen Stockholm som visar att en tredjedel av alla svenskar tror att "... mat som värms i mikron förlorar mer näring än om man värmer den på spisen. " (Berge, 2011).

Syftet med denna litteraturstudie är att utreda huruvida tillagning och uppvärmning i mikrovågsugn har en positiv eller negativ effekt på näringsvärdet i livsmedel jämfört med konventionell tillagning och upphettning. Studien ämnar också ge en kort beskrivning av mikrovågsugnens mekanism och princip, liksom vilka fysikaliska och sensoriska förändringar som uppkommer i livsmedel vid användandet av denna anordning. För att begränsa omfattningen av arbetet omfattar denna litteraturstudie inte mikrovågsugnens effekt på mikroorganismer, användningen av mikrovågsugn för pastörisering, sterilisering och torkning.

2. Material och metod

Denna studie har genomförts som en litteraturstudie där vetenskaplig litteratur och artiklar inhämtats, värderats och brukats. Majoriteten av de vetenskapliga artiklarna hämtades från databaser såsom *Pubmed*, *Science Direct*, *ISI Web of Knowledge*, *Knovel Food Science* och

Scopus. Annan vetenskaplig litteratur som användes var Rapport från Svenska Livsmedelsinstitutet (SIK), Livsmedelsverkets tidskrift *Vår föda* samt *Nutrition Handbook for Food Processors* och *Food Science*.

En övervägande del av fakta rörande mikrovågsugnens uppbyggnad och funktion, samt fysikaliska förändringar erhöles från äldre litteratur från 1980-talet. Då funktionen hos mikrovågsugnen och de fysikaliska förändringarna hos livsmedel inte förändrats nämnvärt utgör detta inget problem. Litteraturen och artiklarna om näringsvärdesförändringar är av varierande ålder då mycket av forskningen skedde under 70-, 80- och 90-talet. Majoriteten är från 90-talet och framåt för att ge förhållandevis relevant och uppdaterad information. Då ett flertal livsmedel, såsom citrusfrukter, förtärs råa och till exempel ägg inte tillagas i mikrovågsugn på grund av explosionsrisken, saknas studier på dessa inom ämnet. Däremot finns en större kvantitet studier på broccoli, sannolikt beroende på dess förhållandevis höga näringsinnehåll och att det vanligen tillagas innan förtäring.

3. Resultat av litteraturstudie

3.1 Mikrovågsugnens princip och funktion

Mikrovågsugnen används för att både tillaga och upphetta livsmedel, genom att mikrovågor används för att ge en temperaturökning. Mikrovågor används förutom i mikrovågsugn även i radar och radiokommunikation, samt för pastörisering och sterilisering (Ehlermann, 2002). Både radiofrekvenser och mikrovågsugnar bygger på dielektrisk uppvärmning som innebär att dipoler och joner påverkas av ett elektromagnetiskt fält, skapat av mikrovågor, som ständigt växlar. Det ger en snabb och volumetrisk uppvärmning utan direktkontakt med livsmedlet (Pereira & Vicente, 2010). Genom att material såsom livsmedel absorberar mikrovågsenergi och omvandlar det till värme, genereras så kallad volumetrisk¹ uppvärmning (Vadivambal & Jayas, 2010)

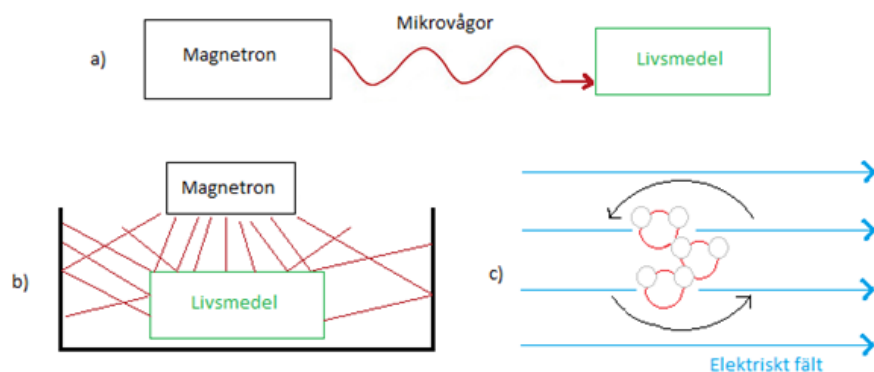
Mikrovågor alstras av en magnetron² och reflekteras i ugnsutrymmet enligt Figur 1a och 1b. Ungefär 90 % (beroende på kvantitet livsmedel) av den reflekterade mikrovågsenergin absorberas av livsmedlet medan resterande 10 % går tillbaka till magnetronen och blir värme där. Absorptionen sker genom att mikrovågorna bildar stående vågor av elektriska och magnetiska fält som påverkar dipoler, även kallat polära molekyler, vilket visas i Figur 1c (Risman, 1989). Dipoler vibrerar alltid i varierande grad. En vanlig dipol i livsmedel är vatten (Ohlsson, 1982). Polariteten hos molekylerna får dem att tvingas av det dielektriska systemet att justera sig efter det ständigt och snabbt växlande fältet (Pereira & Vicente, 2010). Då både mikrovågorna (Ehlermann, 2002) och vattenmolekylerna oscillerar³ byter molekylerna snabbt riktning vilket får dem vibrera ytterligare och öka temperaturen (Ohlsson, 1982). Oscilleringen av vattenmolekylerna skapar dessutom också värme genom intermolekylär

¹ Avser volymmätning.

² Magnetron- speciellt elektronrör.

³ Oscillera- snabbt växla i riktning, vibrerande

friktion. Tillsammans åstadkommer detta en uppvärmning av vatten och därigenom livsmedel. (Norman & Potter, 1995).



Figur 1. Schematisk figur över mikrovågsugns princip. a) En magnetron alstrar mikrovågor som absorberas av livsmedel. b) Mikrovågorna reflekteras i ugnsutrymmet och c) bildar stående vågor av magnetiska och elektriska fält. Det senare påverkar dipoler (till exempel vatten) att vibrera vilket ökar temperaturen. Bild av Linda Gottfridsson.

I konventionell upphettning värms ytan först, medan det i mikrovågsugnen sker inifrån och ut (Ohlsson, 1982). Det senare leder till en snabbare och mer jämn upphettning, där mikrovågorna jämnt penetrerar livsmedel av centimeterstorlek (Norman, 1995). På grund av resonans i ugnen kan dock upphettningen ske fläckvis. Resonansen orsakas av de elektriska och magnetiska fälten som pendlar, och kan jämföras med vågor på öppet vatten som både förstärker och förminskar varandras effekt. (Risman, 1989)

Även inträngningsdjupet utgör en begränsning och kan ge en ojämn uppvärmning med ett kallare centrum hos livsmedel. Då mikrovågor absorberas på sin väg in i livsmedel ger ett ökat inträngningsdjup (ökad storlek och diameter på livsmedel) en sämre uppvärmning av dess centrum. Uppvärmningen styrs därigenom av mikrovågsabsorptionen, vilken ökar med vattenhalten och minskar när temperaturen ökar. En hög halt av joner- till exempel koksalt- ökar livsmedlets absorptionsförmåga när temperaturen ökar. Därmed löper salta livsmedel stor risk att överhettas på ytan vid höga temperaturer. (Ohlsson, 1982)

Om fryst livsmedel värms på hög effekt i mikrovågsugn kan problemet med kallt eller fruset centrum och överhettade yttre delar, så kallad värmerusning, uppkomma. Detta orsakas av att vattenånga och is påverkas markant mindre av mikrovågor än flytande vatten (Ehlermann, 2002), att inträngningsdjupet är flera gånger större i fryst livsmedel samt att absorptionsförmågan är lägre hos fryst livsmedel (Risman, 1989). Samtliga tre faktorer får de frysta delarna att värmas långsammare än de redan tinade delarna som upphettas i betydligt större utsträckning (Risman, 1989).

Mikrovågorna har en frekvens på mellan 300 MHz och 3000 MHz (Pereira & Vicente, 2010). Vilken frekvens som används beror på var mikrovågsugnen är placerad, i enskilda hushåll eller i industri (Ehlermann, 2002). De vanligaste använda frekvenserna är dock 915 MHz och 2450 MHz (Pereira & Vicente, 2010). Hos mikrovågsugnar i hushåll brukar effekten ligga mellan 600 W och 1500 W, medan det i industrin används upp till 50 000 W (Ehlermann, 2002).

I det elektromagnetiska spektret kan mikrovågor placeras nära infraröd strålning. Mikrovågor anses vara icke- joniserande strålning (Pereira & Vicente, 2010). Det innebär att de inte innehåller tillräckligt mycket energi för att jonisera andra ämnen (Cross & Fung, 1982). Strålning från mikrovågsugn kan därmed varken bryta kemiska bindningar, skapa fria radikaler (Ehlermann, 2002) eller påverka molekyler på ett direkt sätt, till skillnad från andra typer av elektromagnetisk strålning (röntgen och gammastrålning) (Kharisheh, McMinn, Magee, 2004).

3.2 Näringsvärdesförändringar

3.2.1 Vätskeinhåll

En studie av El- Shimi (1991) genomförd på rostbiff visar att innehållet av vätska var något högre vid konventionell tillagning (45.3 % torrsvikt) respektive uppvärmning (45.5 % torrsvikt) än vid motsvarande i mikrovågsugn (44.6 respektive 42.3 % torrsvikt). I en studie på revbensspjäll av lamm där grillning och mikrovågstillagning jämfördes, fanns ingen signifikant skillnad mellan tillagningsmetoderna. Däremot minskade vätskeinhållet signifikant från det råa tillståndet, från (76 ± 0.35) g/100 g till (63.8 ± 1.04) g/100 g vid tillagning i mikrovågsugn. (Maranesi et al., 2005)

Äldre studier visar att animaliska produkter som tillagats i mikrovågsugn har signifikant högre eller lika stora förluster av vätska som konventionell tillagning, medan studier på grönsaker ger varierande resultat. På grund av de varierande mängderna vatten som används i studier är det svårt att avgöra vad som beror på mikrovågsugns påverkan och vad som beror på läckage ut i kokvattnet. (Cross & Fung, 1982)

3.2.2 Protein och aminosyror

Ett flertal äldre studier visar att proteiner och fria aminosyror i animalier påverkas mindre av eller lika mycket av tillagning i mikrovågsugn jämfört med konventionell tillagning. Även proteinkvaliteten har visats vara bättre efter mikrovågstillagning. (Cross & Fung, 1982)

En studie på rostbiff visar på liknande resultat, där uppvärmning och tillagning i mikrovågsugn (18.9 respektive 18.8 % torrsvikt) gav ett marginellt högre innehåll av råprotein än konventionell tillagning (19.2 och 19.2 % torrsvikt) (El- Shimi, 1992). Även när proteininnehållet i revbensspjäll av lamm studerades visades att retentionsvärdet var signifikant högre vid tillagning i mikrovågsugn, 113 % jämfört med grillning på ungefär 100 %. Det höga retentionsvärdet efter mikrovågstillagning kunde studien dock inte förklara då torrsubstansen var endast 0.5 % (se Bilaga 1) högre efter grillning (Maranesi et al., 2005).

För vegetabiliska proteiner är effekten av mikrovågstillagning av potatis likvärdig med eller försämrade jämfört med konventionell tillagning, beroende av potatissort (Cross & Fung, 1982, Toma *et al.*, 1978). Detta skiljer sig mot studier på kikärter och broccoli. Hos kikärter minskar inte protein- eller aminosyrainnehållet signifikant av varken konventionell eller mikrovågstillagning. Samma studie visar att digerbarheten *in vitro* är något högre efter kokning i mikrovågsugn (El- Adaway, 2002). Det totala innehållet av lösliga proteiner hos broccoli är signifikant högre efter mikrovågstillagning än efter konventionell, med ungefär 2 mg/g respektive 1.2 mg/g färsksvikt. Dock minskar båda tillagningsmetoderna

proteininnehållet signifikant från det råa tillståndet, medan ångkokning är den metod som ger signifikant högst innehåll av protein (Yuan *et al.*, 2009).

Även för baljväxter är skillnaden signifikant mellan tillagning i mikrovågsugn och konventionellt, men beroende av fukthalt och sort av baljväxt. I en studie av Hernández-Infante *et al.*, (1998) mättes det biologiska värdet (BV)⁴ och digererbarheten hos baljväxter som tillagats konventionellt eller i mikrovågsugn, vilket bestämmer kvalitén på proteininnehållet. BV mättes under 21 dygn på försöksråttor som utfodrades med 10 % protein i form av respektive baljväxt (Tabell 1) tillsammans med ytterligare viktiga nutrienter och jämfördes med råttor som fått kasein istället för baljväxt som kontroll, respektive råttor som fått proteinfri diet. Digererbarheten bestämdes genom mätning av kväveinnehållet i faeces som insamlats från råttorna mellan dag 7 och 10. Under studien avled de försöksråttor som fick konsumera de råa vanligare baljväxterna, sannolikt på grund av toxiska effekter av hemagglutiner, varför BV inte kunde beräknas för dessa. Studien visade att mikrovågstillagning och konventionellt tillagning hade en likvärdig effekt på digererbarheten, medan PER generellt var generellt högre effekter konventionell tillagning, framförallt jämfört med baljväxter med lägre vattenhalt (6- 11 % vatten) (Tabell 1). För kikärter och de vanligare baljväxterna med högre fukthalt (24- 25 % vatten) var BV signifikant högre efter konventionell tillagning, men även här ger lägre fukthalt lägst BV.

Tabell 1. *Biologiska värdet för rå, mikrovågstillagad och konventionellt tillagade frön av baljväxter**

Frön från baljväxter	Korrigerat PER ¹			
	Rå ²	Tillagning i mikrovågsugn		Konventionell tillagning
		Torr ³	Våt ³	
"Ojo de cabra bean"	16 dygn	0.11 ^c	0.51 ^b	1.44 ^a
"Flor de mayo bean"	19 dygn	-0.08 ^c	0.27 ^b	1.30 ^a
Svarta bönor	17 dygn	-0.95 ^c	-0.54 ^b	0.19 ^a
Vita bönor	13 dygn	0.04 ^b	0.01 ^b	1.32 ^a
Sojabönor	1.48 ^c	1.91 ^b	2.44 ^a	2.31 ^a
Gröna ärtor	1.33	1.23	1.20	1.25
Mogna ärtor	1.79	1.88	1.78	1.82
Linser	0.83 ^a	0.71 ^{ab}	0.55 ^{ab}	0.50 ^b
Åkerböna	0.81 ^b	1.03 ^{ab}	0.99 ^{ab}	1.06 ^a
Kikärter	2.46 ^a	2.10 ^b	2.13 ^b	2.41 ^a

¹ Korrigerat BV = experimentellt PER på prover X 2.50/experimentell PER av kasein

² Antal dygn innan råttorna avled ³ Torr = 6- 11 % vätskeinhåll; Våt = 24-25 % vätskeinhåll

^{abc} Värdet med olika bokstäver indikerar på en signifikant skillnad med p < 0,05

*Bearbetad tabell från Hernández- Infante *et. al.*, 1998

⁴ Mått på näringsvärdet hos kostens proteiner. Den andel (%) kväve som absorberas ur kosten som behålls i kroppen. (Nationalencyklopedin,

En sammanfattning av ovan nämnda studier med en jämförelse mellan tillagningsfaktorer (w/v, tid och effekt) för respektive tillagningsmetod visas i Tabell 2.

Tabell 2. Sammanfattning av studier på proteininnehåll respektive PER i livsmedel efter tillagning i mikrovågsugn (MV) respektive konventionellt (K)

Tillagning	Livsmedel	Vikt livsmedel/volym vatten (w/v)	Tid (min)	Effekt på mikrovågsugn (W)	Generell skillnad gentemot K
Konventionell kokning	Broccoli ¹	1:2	5	-	MV signifikant högre
Mikrovågsugn		20:1	5	1000	
Konventionell kokning	Kikärter ²	1:10	90	-	Ingen signifikant skillnad
Mikrovågsugn		1:10	15	Hög effekt ⁶	
Konventionell kokning	Baljväxter ³	1:3	-	-	MV signifikant eller marginellt lägre PER
Mikrovågsugn		Utan vatten	-	-	
Konventionell ugn/mikrovågsugn	Rostbiff ⁴	Utan vatten	-	550	MV marginellt högre
Konventionell grillning/mikrovågsugn	Revbensspjäll av lamm ⁵	Utan vatten	-	750 + 350 + 350 + grill	MV signifikant högre

¹ Yuan et al., 2009

² El-Adaway, 2002

³ Hernández-Infante et al., 1998

⁴ El-Shimi, 1992

⁵ Maranesi et al., 2005

⁶ Motsvarar sannolikt ≥ 700 W

3.2.3 Kolhydrater

Gällande mikrovågsugnens effekt på kolhydrater är kvantiteten studier starkt begränsad. Innehållet av kolhydrater hos rostbiff skiljer sig inte signifikant mellan tillagning i mikrovågsugn och konventionell, men uppvärmning i mikrovågsugn ger ett marginellt högre innehåll än konventionell uppvärmning, 5.0 % torrsvikt respektive 4.5 % torrsvikt (El-Shimi, 1992). Hos kikärter är de två tillagningsmetoderna likvärdiga med avseende på kvantiteten totala kolhydrater (beräknat på skillnad) och råfiber (El-Adaway, 2002). I broccoli är innehållet av lösliga sockerarter signifikant högre vid tillagning i mikrovågsugn, ungefär 3 mg/g färsksvikt, än efter konventionell tillagning som gav 2 mg/g färsksvikt. Dock gav ångkokning i denna studie ett högre innehåll av lösliga sockerarter (Yuan et al., 2009).

En sammanfattning av ovan nämnda studier med en jämförelse mellan tillagningsfaktorer (w/v, tid och effekt) för respektive tillagningsmetod visas i Tabell 3.

Tabell 3. Sammanfattning av studier på innehållet av kolhydrater i livsmedel efter tillagning i mikrovågsugn (MV) respektive konventionellt (K)

Tillagning	Livsmedel	Vikt livsmedel/volym vatten (w/v)	Tid (min)	Effekt på mikrovågsugn (W)	Generell skillnad gentemot K
Konventionell ugn/mikrovågsugn	Rostbiff ¹	Utan vatten	-	550	Ingen signifikant skillnad
Konventionell kokning	Kikärter ²	1:10	90	-	Ingen signifikant skillnad
Mikrovågsugn		1:10	15	Hög effekt ⁴	
Konventionell kokning	Broccoli ³	1:2	5	-	MV signifikant högre
Mikrovågsugn		20:1	5	1000	

¹ El-Shimi, 1992

² El-Adaway, 2002

³ Yuan et al., 2009

⁴ Motsvarar sannolikt ≥ 700 W

3.2.4 Fett och fettsyror

Även för fetter och fettsyror är antalet studier begränsade när det gäller tillagning i mikrovågsugn och de varierar mycket i resultat på grund av olika genomföranden, livsmedel och förhållanden (Cross & Fung, 1982). Hos kikärter är tillagning i mikrovågsugn en metod som är likvärdig med konventionell kokning när det gäller innehållet av fett. Båda tillagningsmetoderna minskade innehållet av fett signifikant (El- Adaway, 2002).

För animaliska produkter är förhållandet liknande. Innehållet av fett i både tillagad och uppvärmd rostbiff konventionellt respektive i mikrovågsugn är likvärdiga, med något mer i konventionellt tillagad rostbiff och mikrovågsuppvärmd rostbiff. (El- Shimi, 1991). En studie gjord på revbensspjäll från lamm uppvisar liknande resultat. De äkta retentionsvärdena (%) för lipider i revbensspjällen är något högre vid mikrovågstillagning (102 %) än vid grillat (96.2 %), men båda rör sig runt 100 % i färskvikt (se Tabell 4). Det högre värdet (102 ± 5.3) anges i artikeln kunna bero på en koncentrationseffekt, hur det intramuskulära fettet i köttet smälter eller på en betydande jämvikt mellan det täckande och intramuskulära fettet. Generellt för C20 och C22 fettsyror hade de fleromättade fetterna för C18 fettsyror ett retentionsvärde på omkring 100 % och ett något lägre värde vid mikrovågstillagning. Värdena för grillat var lägre. (Maranesi et al., 2005)

Retentionsvärden (%) för varje fettsyra i studien på revbensspjäll var signifikant eller marginellt högre vid mikrovågstillagning än vid grillning. Genom mikrovågstillagning ökade innehållet av myristinsyra, pentadekansyra, palmitinsyra samt summan av elaidinsyra. Summan av fleromättade omega-6-fettsyror och summan av fleromättade omega-3-fettsyror minskade mer vid grillning än vid tillagning i mikrovågsugn. (Maranesi et al., 2005)

Tabell 4. Äkta retentionsvärden (%) av fetter för tillagade revbensspjäll av lamm (% färskvikt)*

Fett ^A	Mikrovågstillagning	Grillning
Myristinsyra	115	102 ^b
Pentadekansyra	125 ^a	110 ^b
Palmitinsyra	109	99.1 ^b
Palmitoleinsyra ω7	117	102
Heptadekansyra	111 ^a	100 ^b
Stearinsyra	105	97.2
Trans-oljesyra	124	117
Oljesyra ω9	104	94.2
Oljesyra ω11	111 ^a	94.2
Linolsyra ω6	100 ^a	89.0 ^b
Linolensyra ω3	102	91.2
Total CLA ^B	111	98.0
Arakidonsyra ω6	94.8	85.9
Dokosatetraensyra ω6	97.4	91.3
DHA ω3	92.5	82.3
Σω6 PUFA ^B	98.9 ^a	88.4 ^b
Σω3 PUFA ^C	98.0	87.3

^{ab} Värden i samma rad med olika bokstäver skiljer sig signifikant ($P \leq 0,05$)

^A Värden representerar medelvärden, $n = 8$

^B CLA (Conjugated Linoleic Acid): Summan C18:2, C20:4, C22:4

^C Summan C18:3, C22:6

*Bearbetad tabell från Maranesi et al., 2005

I Tabell 5 sammanfattas ovan nämnda studier med en jämförelse mellan tillagningsfaktorer (w/v, tid och effekt) för respektive tillagningsmetod.

Tabell 5. Sammanfattning av studier rörande innehållet av fett, fettsyror och lipider i livsmedel efter tillagning i mikrovågsugn (MV) respektive konventionellt (K)

Tillagning	Livsmedel	Vikt livsmedel/volym vatten (w/v)	Tid (min)	Effekt på mikrovågsugn (W)	Generell skillnad gentemot K
Konventionell kokning	Kikärtor ¹	1:10	90	-	Ingen signifikant skillnad (fett)
Mikrovågsugn		1:10	15	Hög effekt ⁴	Ingen signifikant skillnad (fett)
Konventionell ugn/mikrovågsugn	Rostbiff ²	Utan vatten	-	550	Ingen signifikant skillnad (fett)
Konventionell grillning/mikrovågsugn	Revbensspjäll av lamm ³	Utan vatten	-	750 + 350 + 350	Ingen signifikant skillnad (lipider), marginellt eller signifikant mer (fettsyror)

¹ El- Adaway, 2002

² El-Shimi, 1992

³ Maranesi et al., 2005

⁴ Motsvarar sannolikt ≥ 700 W

3.2.5 Mineraler

Det har generellt ansetts att energi från radiofrekvenser inte påverkar mineralsammansättningen i livsmedel signifikant (Cross & Fung, 1982). Mikrovågstillagning ger varierande

effekter i olika studier. En studie på morötter, fänkål, haricots verts, pumpa och sparris visar att förlusten av mineraler var försumbar vid både konventionell tillagning i ugn och mikrovågstillagning (Barbiroli, Garutti, Mazzaracchio, 1972, Cross & Fung, 1982), vilket därmed skiljer sig från en studie på kikärter där retentionen av respektive mineral- Na, K, Ca, Mg, P, Mn, Zn, Cu samt Fe- var högre vid tillagning i mikrovågsugn än vid konventionell tillagning (El- Adaway, 2002). Skillnaden mellan dessa två studier ligger i både effekt (W), tid för tillagning och volym vatten vid respektive tillagning, vilket visar att dessa tre faktorer är viktiga för innehållet och retentionen av respektive mineral. Vikten av de tre faktorerna visas även i en studie på broccoli av López- Berenguer *et al.*, (2007). Generellt visar studien att en hög effekt (1000 W) ger ett signifikant lägre innehåll av mineralämnen i broccoli, men saknar tydliga indikationer på effekten av olika vattenmängd och tid. Hos böngroddar, gröna bönor, salladskål och spenat ger tillagning i mikrovågsugn en signifikant högre retention av järn än konventionell tillagning (Tabell 6) (Masrizal, Giraud & Driskell 1996).

Tabell 6. Retention av järn (%) för grönsaker som tillagats konventionellt respektive i mikrovågsugn*

Grönsak	Järnretention (%) Mikrovågsugn	Järnretention (%) Konventionell
Böngroddar	81 ^a	69 ^b
Gröna bönor	87 ^a	64 ^b
Salladskål	81 ^a	64 ^b
Spenat	74 ^a	56 ^b
Vattenspenat	79	79

*Bearbetad data från Masrizal *et al.*, 1996

^{ab} Värden med olika bokstäver skiljer sig signifikant ($P < 0,05$), $n = 4$

För animaliska livsmedel har både nötkött, fläsk och lamm undersökts med avseende på mineralinnehåll. Endast natriuminnehållet i lamm skiljde sig signifikant mellan tillagningarna, där konventionell tillagning resulterade i 10 % högre natriuminnehåll. Med avseende på retentionsprocent var dock trenden att konventionellt tillagat kött hade ett högre mineralinnehåll. Även en studie på innanlår av nötkött uppvisar resultat där skillnaden mellan konventionell och mikrovågstillagning inte var signifikant med avseende på innehållet av mineraler. Undantaget utgörs av kalium som hade en högre retention vid mikrovågstillagning, samt natrium och järn som fanns i större mängder i konventionellt tillagat innanlår (Cross & Fung, 1982, Korschgen, Baldwin 1978).

Dessa studier motsägs av ytterligare en studie på lamm, nötkött och fläsk. Generellt var retentionsprocenten marginellt eller signifikant högre efter konventionell tillagning än efter mikrovågstillagning (Tabell 7). Dock var mineralinnehållet i konventionell steksky signifikant högre, vilket anges kunna bero på en lägre mängd vätska vid konventionell tillagning. (Cross & Fung, 1982, Baldwin *et al.*, 1976)

Tabell 7. Retentionsprocent av mineralinnehållet i stekar tillagade i mikrovågsugn respektive konventionellt*

Arter och mineral	Retention % Mikrovågsugn	Retention % Konventionell tillagning
Nötkött		
Natrium	68	89
Klorid	78	87
Fosfor	75 ^b	98 ^a
Järn	70 ^b	98 ^a
Fläsk		
Natrium	68	73
Klorid	74	70
Fosfor	74	76
Järn	87	100
Lamm		
Natrium	65	74
Klorid	64	67
Fosfor	77	92
Järn	73 ^b	110 ^a

*Bearbetad tabell från Cross & Fung, 1982, Baldwin *et al.*, 1976

^{ab} Värden med olika bokstäver skiljer sig signifikant ($P < 0,05$), $n = 4$

En sammanfattning av ovanstående studier inkluderat koktider, volym vatten, effekt och skillnad mellan konventionell och mikrovågstillagning finns i Tabell 8.

3.2.6 Fettlösliga vitaminer

Antalet artiklar och studier på fettlösliga vitaminer i livsmedel som tillagas eller uppvärms i mikrovågsugn är starkt begränsade. De undersökningar i ämnet som hittats behandlar antioxidantaktivitet och karotenoider.

Vitamin A

Det finns flera ämnen med vitamin A-aktivitet som samlas under namnet vitamin A. Några av dessa ämnen är all- trans- retinol, karotener och några xantofyller. (Nilsson *et al.*, 2008, Coultate, 2009)

Hos broccoli har minskningen av karotenoidinnehållet vid konventionell och mikrovågstillagning visats vara likvärdig, med en minskning på 22,9 % av totala karotenoidinnehållet vid tillagning i 300 sekunder av båda metoderna. Dock anges det i artikeln att tillagningsmetoderna kan anses extrema (Zhang & Hamauzu, 2004). Detta motsägs av en studie genomförd på broccoli som visade att mikrovågsugn är ett signifikant bättre alternativ än konventionell kokning, med avseende på totala karotenoidhalten.

Konventionell tillagning minskade karotenoidinnehållet mer än tillagning i mikrovågsugn. Den förstnämnda metoden gav ett innehåll på ungefär 10.2 mg/100 g, jämfört med den sistnämnda metoden som gav 12 mg/100 g färskvikt (Yuan *et al.*, 2009).

Tabell 8. Sammanfattning av resultat från nämnda studier på innehållet av mineraler i vegetabiliska och animaliska livsmedel efter tillagning i mikrovågsugn (MV) respektive konventionellt (K)

Tillagning	Livsmedel	Vikt livsmedel/volym vatten (w/v)	Tid (min)	Effekt på mikrovågsugn (W)	Generell skillnad gentemot K
Konventionell kokning	Kikärter ¹	1:10	90	-	Högre i MV
Mikrovågsugn		1:10	15	Hög effekt ⁵	
Konventionell kokning	Böngroddar, gröna bönor, salladskål, spenat ²	1:5	2.00-5.50	-	MV signifikant högre (järn)
Mikrovågsångning		3:1	3.25-5.00	-	
Konventionell kokning	Vattenspenat ²	1:5	2.00-5.50	-	Ingen signifikant skillnad
Mikrovågsångning		3:1	3.25-5.00	-	
Konventionell kokning/mikrovågsugn	Nötkött, fläsk, lamm ³	Utan vatten	-	492, 1054	Ingen signifikant skillnad, dock något lägre hos MV (BV %)
Konventionell grillning/mikrovågsugn	Nötkött, fläsk, lamm ⁴	Utan vatten	-	-	MV signifikant eller marginellt lägre

¹ El-Adaway, 2002

² Masrizal et al., 1996

³ Cross, Fung 1982, Baldwin *et al.*, 1976

⁴ Cross, Fung 1982, Korschgen, Baldwin 1978

⁵ Motsvarar sannolikt ≥ 700 W

BV % - Biologiskt värde i procent, kvarvarande del av nutrient (protein)

När innehållet av karotenoider i broccoli, gröna bönor och spenat som tillagats i mikrovågsugn jämfördes med ångkokning varierade resultaten beroende på xantofyll och karoten. Studien visar att tillagning av broccoli i mikrovågsugn gav en mindre nedbrytning av xantofyllerna neoxantin, violaxantin, luteinopoxid och cis-lutein än ångkokning, men att en något större nedbrytning skedde av trans-lutein och β -karoten. För spenat gav tillagning i mikrovågsugn en större nedbrytning av samtliga xantofyller och karotener jämfört med ångkokning, medan mikrovågsugn gav en marginellt lägre nedbrytning av gröna bönor än konventionell kokning. (Khachik *et al.*, 1992)

Masrizal et al., (1996) undersökte den äkta retentionen av β -karoten i böngroddar, gröna bönor, salladskål, spenat och vattenspenat som tillagats konventionellt respektive ångkokats i mikrovågsugn. I Tabell 9 visas den äkta retentionen av β -karoten. Skillnaden mellan mikrovågsångning och konventionell kokning var signifikant endast för vattenspenat, med en lägre nedbrytning vid användning av mikrovågsugn.

Tabell 9. Koktid och β -karoten retention (%) för grönsaker som tillagats konventionellt respektive i mikrovågsugn*

Grönsak	β -karoten retention (%) Ångning i mikrovågsugn	β -karoten retention (%) konventionell
Böngroddar	-	-
Gröna bönor	76 ^a	60 ^a
Salladskål	55 ^a	54 ^a
Spenat	61 ^a	58 ^a
Vattenspenat	50 ^{ab}	43 ^b

*Bearbetad tabell från Masrizal et al., 1996

^{ab}Värden med olika bokstäver skiljer sig signifikant ($P < 0.05$)

I Tabell 10 sammanfattas ovan nämnda studier inkluderat koktider, volym vatten, effekt och skillnad mellan konventionell och mikrovågstillagning.

Tabell 10. Sammanfattning av resultat från nämnda studier på innehållet vitamin A i livsmedel efter tillagning i mikrovågsugn (MV) jämfört med konventionellt (K)

Tillagning	Livsmedel	Vikt livsmedel/volym vatten (w/v)	Tid (min)	Effekt på mikrovågsugn (W)	Generell skillnad gentemot K
Konventionell kokning	Broccoli ¹	1:20	0.33- 5	-	Ingen signifikant skillnad
Mikrovågsugn		1:20	0.33-5	600	
Konventionell ångkokning	Spenat ²	Utan vatten	3	-	MV marginellt lägre
Mikrovågsugn		60:25	1.5	750	
Konventionell ångkokning	Broccoli ²	Utan vatten	5	-	MV marginellt högre
Mikrovågsugn		60:25	5	750	
Konventionell kokning	Gröna bönor ²	6:100	4	-	MV marginellt högre
Mikrovågsugn		60:25	9	750	
Konventionell kokning	Broccoli ³	1:2	5	-	MV signifikant högre
Mikrovågsugn		20:1	5	1000	
Konventionell kokning	Böngroddar, gröna bönor, salladskål, spenat ⁴	1:5	2.00- 5.50	-	Ingen signifikant skillnad (β - karoten)
Mikrovågsångning		3:1	3.25- 5.00	-	
Konventionell kokning	Vattenspenat ⁴	1:5	2.00- 5.50	-	MV signifikant högre (β - karoten)
Mikrovågsångning		3:1	3.25- 5.00	-	

¹ Zhang & Hamauzu, 2004

² Khachik et al., 1992

³ Yaun et al., 2009

⁴ Masrizal et al., 1996

3.2.7 Vattenlösliga vitaminer

Vitamin C

Askorbinsyra och dess derivat är detsamma som vitamin C. Detta vitamin är både värmekänsligt och genom urlakning i kokvatten kan förlusten bli stor, framförallt vid finfördelade livsmedel. Den har bland annat antioxidativ effekt, men vid höga koncentrationer kan den fungera som en prooxidant (ökar oxidativa effekten). (Nilsson et al., 2008)

Det finns en stor kvantitet studier på hur vitamin C påverkas av upphettning, så även när det gäller mikrovågsugn. Framförallt har effekten på broccoli studerats, sannolikt beroende på dess relativt höga innehåll av vitamin C och att en majoritet av övriga livsmedel som är rika på vitamin C vanligen förtärs i rå form.

En studie på broccoli av López-Berenguer et al. (2007) visar, baserat på innehållet av vitamin C i kokvattnet, att förlusten av vitamin C ökar av hög vattenvolym och tillagningstid. Minskningen av vitamin C varierade mellan 20 och 40 %, beräknat på färskvikt. Baserat på innehållet av vitamin C i broccoli visas att tillagning i 1000 W generellt var mer skonsamt än övriga effekter.

I en studie av Galgano *et al.*, (2007), visas att tillagning i mikrovågsugn är ett av de bättre alternativen (Tabell 11). Tillagning i mikrovågsugn gav ett signifikant högre innehåll av vitamin C än konventionell kokning (Galgano et al., 2007), vilket visas i ytterligare en studie på broccoli där förlusten av vitamin C var 16 % respektive 33 % beroende på tillagningsmetod (Yuan et al., 2009). Även en studie på böngroddar, gröna bönor, salladskål, spenat och vattenspenat visar att mikrovågstillagning ger ett signifikant högre (äkta) retentionsvärde av vitamin C än konventionell kokning (Masrizal et al., 1996).

Tabell 11. Innehåll av vitamin C och retention (%) i tillagad broccoli*

Tillagningsmetod	Vitamin C (mg/g torr vikt)	Retention (%)
Färsk	7.82 ^a	-
Kokning	5.15 ^b	65.8
Ångkokning	6.07 ^c	77.6
Mikrovågsugn	7.09 ^a	90.6
Tryckkokning/mikrovågsugn	7.79 ^a	99.6

^{abc}Värden med olika bokstäver skiljer sig signifikant ($P < 0.05$)

*Bearbetad tabell från Galgano et al., 2007

Resultatet från en annan studie tyder på motsatta förhållanden. Där visas att innehållet av vitamin C, det vill säga askorbinsyra och dehydroaskorbinsyra i broccoli minskar mest av tillagning i mikrovågsugn. Innehållet av vitamin C var 54 % efter mikrovågstillagning, medan konventionell tillagad broccoli hade 72.8 % (Vallejo *et al.*, 2002). Detta skiljer sig från en studie på broccoli av Zhang & Hamauzu (2004) där skillnaden i förlust av vitamin C var marginell mellan tillagningsmetoderna. Förlusten av vitamin C var som mest 65.9 % i blommorna och 70.9 % i stjälken efter konventionell tillagning medan motsvarande värden efter tillagning i mikrovågsugn var 65.6 % och 70.5 %.

I Tabell 12 sammanfattas ovan nämnda studier och generell skillnad mellan tillagningsmetoderna.

Tabell 12. Sammanfattning av resultat från nämnda studier på innehållet vitamin C i livsmedel efter tillagning i mikrovågsugn (MV) jämfört med konventionellt (K)

Tillagning	Livsmedel	Vikt livsmedel/voly m vatten (w/v)	Tid (min)	Effekt på mikrovågsug n (W)	Generell skillnad gentemot K
Konventionell kokning	Broccoli ¹	1:8	15	-	MV signifikant högre
Mikrovågsugn		Utan vatten	11	600	
Konventionell kokning	Broccoli ²	1:2	5	-	MV signifikant högre
Mikrovågsugn		20:1	5	1000	
Konventionell kokning	Broccoli ³	1:1	5	-	MV signifikant lägre
Mikrovågsugn		Utan vatten	5	1000	
Konventionell kokning/mikrovågsugn	Broccoli ⁴	1:20	0.33- 5	600	Marginell skillnad
Konventionell kokning	Böngroddar, gröna bönor, salladskål, spenat, vattenspenat ⁵	1:5	2.00- 5.50	-	MV signifikant högre
Mikrovågsångning		3:1	3.25- 5.00	-	

¹ Galgano et al., 2007

² Yuan et al., 2009

³ Vallejo et al., 2002

⁴ Zhang, Hamauzu, 2004

⁵ Masizal et al., 1996

Vitamin B

Vitamin B är ett samlingsnamn för åtta vitaminer- tiamin (vitamin B₁), riboflavin (vitamin B₂), niacin, vitamin B₆ (pyridoxin), folat, vitamin B₁₂ (kobalamin), biotin och pantotensyra . Flera av dessa är känsliga för upphettning, framförallt vid finfördelning av livsmedlen och kan ge stora förluster genom urlakning. (Nilsson et al., 2008)

En studie på fläskfärs, fläskstek och kyckling visar att tillagning i mikrovågsugn ger ett signifikant högre innehåll av tiamin och vitamin B₆ (%) än konventionell tillagning. De båda tillagningsmetoderna gav 19 respektive 44 % enheter i retentionsprocent. (Uherová, Hozová & Smirnov, 1993)

För kikärter är retentionsprocenten av tiamin betydligt lägre (42.35 %) än i animaliska livsmedel. Dock är innehållet av tiamin signifikant högre efter mikrovågstillagning än vid kokning. Retentionsprocenten av riboflavin var efter mikrovågstillagning 58 %, av niacin 13 % och av vitamin B₆ 80 %. Detta kan ställas i relation till konventionell kokning där motsvarande värden var 48.46 %, 4.33 % samt 57.19 %. Mikrovågsugnen gav därmed den lägsta utlakningen av B- vitaminer. (El- Adaway, 2002)

En sammanfattning av ovan nämnda studier finns i Tabell 13, med en jämförelse mellan tillagningsmetoderna.

Tabell 13. Sammanfattning av resultat från nämnda studier på innehållet vitamin B i livsmedel efter tillagning i mikrovågsugn (MV) jämfört med konventionellt (K)

Tillagning	Livsmedel	Vikt livsmedel/volym vatten (w/v)	Tid (min)	Effekt på mikrovågsugn (W)	Generell skillnad gentemot K
Konventionell kokning/mikrovågsugn	Fläsk, kyckling ¹	Utan vatten	-	-	MV signifikant högre (tiamin, pyridoxin)
Konventionell kokning	Kikärtor ³	1:10	90	-	MV signifikant högre
Mikrovågsugn		1:10	15	Hög effekt ⁴	

¹ Uherová, Hozová, Smirnov, 1993

² Watanabe *et al.*, 1998

³ Baserat på artikel av El-Adaway, 2002

⁴ Motsvarar sannolikt ≥ 700 W

3.2.8 Antioxidantaktivitet

Effekterna på antioxidantaktiviteten av användandet av mikrovågsugn har studerats i flera studier genomförda på ett flertal grönsaker. I en studie undersöktes paprika, squash, gröna bönor, ärtor, broccoli, lök och spenat. Tillagning i mikrovågsugn och konventionell tillagning gav likvärdiga retentionsvärden av antioxidanter för samtliga grönsaker, förutom för gröna bönor och lök där antioxidantaktiviteten var signifikant högre efter tillagning i mikrovågsugn. För lök och ärtor minskade antioxidantaktiviteten genom tillagning medan övriga grönsaker fick en ökad aktivitet av antioxidanter av båda tillagningsmetoderna. Ökningen var signifikant för paprika, broccoli, gröna bönor och spenat. (Turkmen, Sari & Velioglu, 2005)

En liknande studie på broccoli minskade också antioxidantaktiviteten, med samma trend hos konventionell och mikrovågstillagning. Antioxidantaktiviteten (%) minskade kontinuerligt, framförallt under de första 60 sekunderna av tillagningen. (Zhang & Hamauzu, 2004)

I ytterligare en studie undersöktes morötter, squash, tomat, gröna bönor, gul paprika och ärtor och jämfördes med råa och frysta, ej upptinade grönsaker. I ett flertal fall ökade antioxidantaktiviteten, medan den i andra fall minskade. Vid en jämförelse med konventionell kokning var mikrovågstillagning ett klart bättre alternativ när det gällde färska morötter, samt fryst squash och frysta ärtor. Skillnaden mellan de två tillagningsmetoderna var marginell för övriga grönsaker. (Danesi & Bordoni, 2008)

I Tabell 14 sammanfattas ovan nämnda studier och en generell skillnad mellan mikrovågstillagning och konventionell tillagning.

Tabell 14. Sammanfattning av resultat från nämnda studier på antioxidantaktivitet i livsmedel efter tillagning i mikrovågsugn (MV) jämfört med konventionellt (K)

Tillagning	Livsmedel	Vikt livsmedel/volym vatten (w/v)	Tid (min)	Effekt på mikrovågsugn (W)	Generell skillnad gentemot K
Konventionell kokning	Paprika, squash, ärtor,	10:15	5	-	Ingen signifikant skillnad
Mikrovågsugn	broccoli, spenat ¹	100:6	1- 1.5	1000	
Konventionell kokning	Gröna bönor, lök ¹	10:15	5	-	MV signifikant högre
Mikrovågsugn		100:6	1- 1.5	1000	
Konventionell kokning/mikrovågsugn	Broccoli ²	1:20	0.33- 5	600	Ingen signifikant skillnad
Konventionell kokning	Färska morötter,	1:75	20	-	MV högre färska morötter, fryst squash och frysta ärtor
Mikrovågsugn	fryst squash, frysta ärtor ³	Utan vatten	5	700	
Konventionell kokning	Frysta morötter, färsk squash, färska och frysta tomater och gröna bönor, ärtor ³	1:75	20	-	Marginell skillnad
Mikrovågsugn		Utan vatten	5	700	

¹ Turkmen et al., 2005

² Zhang, Hamauzu, 2004

³ Danesi, Bordoni, 2008

3.3 Glukosinolater

Flera studier på broccoli har undersökt hur ytterligare fytokemikalier- glukosinolater- förändras av tillagning i mikrovågsugn. Glukosinolater ger den skarpa smaken i växter tillhörande familjen *Cruciferae* (korsblommiga), vilket inkluderar kål, brysselkål och broccoli liksom rädisa, senap och pepparrot. Enzymet myrosinas bryter ner glukosinolater till bioaktiva ämnen såsom isotiocyanat, nitriler, tiocyanater och sulforafan. Derivat av glukosinolater har visats kunna minska cancerogena celler och neutralisera carcinogener. Vid kokning i vatten bryts dock myrosinas ned, vilket gör att isotiocyanater inte kan bildas. (Coulte, 2009)

En studie av Vallejo et al., (2002) har visat att risken för cancer minskar signifikant av intag av broccoli, vilket antas bero på innehållet av glukosinolater. Likaså, epidemiologiska studier på celler och djur har visat att isotiocyanater minskar risken för cancer (Traka & Mithen, 2009).

En studie av Galgano et al. (2007) visar att sulforafan inte kunde detekteras (< 2.3 µg/g) i broccoli som kokats konventionellt i vatten (1:8 w/v) under 15 minuter. Vid tillagning i mikrovågsugn var retentionen 61.1 %. Den markant högre retentionen vid mikrovågstillagning, jämfört med konventionell kokning, uppges bero på ett betydligt mindre

läckage ut i kokvatten, då glukosinolater och dess nedbrytningsprodukter är vattenlösliga. Vallejo et al., (2002) redovisar andra resultat där tillagning i mikrovågsugn och konventionell kokning är de tillagningsmetoder som ger de högsta förlusterna av glukosinolater, med liknande innehåll av de flesta undersökta glukosinolater. För alifatiska, indolyl och totala glukosinolater var innehållet 17.5 %, 26.5 % respektive 25.2 % i broccoli efter tillagning i mikrovågsugn, medan motsvarande värden var 57.5 %, 19.0 % och 25.9 % efter konventionell kokning. Förlusten av alifatiska glukosinolater var därmed högre än de för indol glukosinolater efter tillagning i mikrovågsugn.

När innehållet av glukosinolater i broccoli undersöktes av Lopéz- Berenguer et al. (2007) visades att samma processförhållande som i studien av Vallejo et al., (2002) vid tillagning i mikrovågsugn, gav en minskning av mängden glukosinolater (färsk vikt) i broccoli. I denna studie var dock förlusten endast 18 %. Totalt sett fastställer studien att tillagning i mikrovågsugn inte ger en signifikant skillnad i innehåll av glukosinolater från rå broccoli. Dock var minskningen signifikant vid samtliga effekter vid tillagning under 5 minuter i mycket vatten (1:1 w/v). Studien visar också att innehållet av glukosinolater främst beror av effekt och tillsatt vatten, och mindre av tiden för tillagning.

Yuan et al. (2009) visade att tillagning av broccoli i mikrovågsugn gav ett signifikant lägre innehåll (40 %) av alifatiska glukosinolater än konventionell kokning (59 %), men för indol glukosinolater var innehållet likvärdigt efter de två metoderna. Innehållet av den alifatiska glukosinolaten glukorafanin var signifikant lägre i broccoli tillagad i mikrovågsugn jämfört med konventionell tillagning, men ingen signifikant skillnad gällande övriga individuella glukosinolater kunde iakttagas.

I Tabell 15 sammanfattas ovan nämnda studier och den generella skillnaden mellan tillagningsmetoderna redovisas.

Tabell 15. Sammanfattning av resultat från nämnda studier på innehållet glukosinolater i livsmedel efter tillagning i mikrovågsugn (MV) jämfört med konventionellt (K)

Tillagning	Livsmedel	Vikt livsmedel/volym vatten (w/v)	Tid (min)	Effekt på mikrovågsugn (W)	Generell skillnad gentemot K
Konventionell kokning	Broccoli ¹	1:8	15	-	Inget sulforafan detekterat i K, MV markant högre
Mikrovågsugn		6:1	11	600	
Konventionell kokning	Broccoli ²	1:1	5	-	Ingen signifikant skillnad (totala), MV högre (alifatiska)
Mikrovågsugn		Utan vatten	5	1000	
Konventionell kokning	Broccoli ³	1:2	5	-	Ingen signifikant skillnad (indol), MV signifikant högre (alifatiska)
Mikrovågsugn		20:1	5	1000	

¹ Galgano et al., 2007

² Vallejo et al., 2002

³ Yuan et al., 2009

3.4 Antinutritionella substanser

Det har rapporterats att baljväxter generellt har ett lågt näringsvärde på grund av sin låga proteindigerbarhet, låga mängder svavelinnehållande aminosyror och antinutritionella faktorer. Några av dessa faktorer utgörs av trypsininhibitorer, fytat, tanniner, saponiner och hemagglutinin (El- Adaway, 2002). När kikärter och effekten på dessa av olika tillagningsmetoder undersöktes i en studie av El- Adaway (2002), studerades antinutritionella faktorer såsom trypsininhibitorer, hemagglutinin, tanniner, fytinsyra och saponiner. Studien visar att råa kikärter hade en trypsin inhibitionsenhet (TIU) på 11.90/mg protein, medan värdet efter konventionell kokning var 2.11 TIU/mg protein och efter mikrovågskokning 2.32 TIU/mg protein. Reduktionen av trypsininhibitoraktiviteten var 82.27 % respektive 80.50 %. Hemagglutininaktiviteten efter någon av tillagningsmetoderna var ej detekterbar medan innehållet av tanniner och saponiner i mg/g, liksom fytinsyra (%) var likvärdiga.

I en studie på baljväxter undersöktes hur trypsininhibitorer och hemagglutinin påverkas av tillagning. Trypsininhibitoraktiviteten minskade i varierande grad av tillagning i mikrovågsugn beroende på baljväxt och dess tillstånd vid tillagningen (torr/fuktig). Nedbrytningen av trypsininhibitorer var högre i fuktiga baljväxter. Kvantiteten trypsininhibitorer (TIU/mg prov) var signifikant högre vid tillagning i mikrovågsugn i torra ”flor de mayo bean”, vita bönor, svarta bönor och mogna ärtor, medan dessa bönor hade ett signifikant lägre TIU/mg prov när de var fuktiga. För gröna bönor, åkerbönor och kikärter var tillagningsmetoderna jämförbara i detta avseende. För hemagglutinin visades att innehållet av lektiner⁵ var högre efter tillagning i mikrovågsugn än efter konventionell tillagning. Tillagning i mikrovågsugn är därför i antinutritionella avseenden en otillräcklig tillagningsmetod. (Hernández-Infante et al., 1998)

3.6 Sensoriska, texturrelaterade och kvalitetsmässiga förändringar

Utöver effekterna på näringsvärde sker sensoriska och kvalitetsmässiga förändringar vid tillagning och uppvärmning i mikrovågsugn. Förändringarna kan skilja sig helt, delvis eller marginellt från konventionellt uppvärmd och tillagad mat. Skillnaderna kan röra textur, brunfärgning, saftighet, smak, arom och mörhet. För att kunna göra en relevant och tillförlitlig jämförelse av skillnaderna måste livsmedlets stora biologiska variation, tillagningstekniken samt metoderna för den kemiska och sensoriska analysen kontrolleras noga. Då det tagits olika mycket hänsyn till nämnda faktorer varierar resultaten från studier mycket (Ohlsson & Åström, 1982).

Skillnaderna mellan effekter på livsmedel vid användning av mikrovågsugnen, jämfört med konventionella metoder sammanfattas i Tabell 16.

3.6.1 Ytskorpa och brunfärgning

Helt utebliven eller delvis minskad ytskorpa och brunfärgning kan härledas till en minskad Maillardreaktion, vilken sker mellan aminosyror och reducerande socker. Reaktionen påskyndas av höga temperaturer och liten vattentillgång, som resulterar i både ytskorpa och brunfärgning. Då mikrovågstillagning vanligen inte kommer upp i samma temperaturer som

⁵ Substans som agglutinerar röda blodceller.

en konventionell ugn sker Maillardreaktionen i mycket liten utsträckning. En minskad Maillardreaktion kan vara positivt ur hälsosynpunkt då den försämrar möjligheten för kroppen att ta hand om protein, men negativt i sensoriska avseenden. (Jonsson, 1989)

Tabell 16. *Sensorisk och kvalitetsmässig effekt på livsmedel vid tillagning i mikrovågsugn jämfört med konventionell, värderat mot önskad effekt*

Effekt av mikrovågsugn	Vanligen önskad sensorisk/kvalitetsmässig egenskap	Kvalitetsförändring jämfört med konventionell tillagning +/-
Brunfärgning och ytskorpa uteblir helt ¹ eller delvis ²	Viss brunfärgning och ytskorpa	+/-
Jämförbar saftighet hos kött ²	Saftigt	+/-
Lägre saftighet och mörhet hos rostbiff ³	Saftigt, mörkt kött	-
Mörheten är jämförbar eller sämre i kött ²	Mört	+/-
Något lägre mängd vätska i rostbiff ¹	Viss mängd vätska för bra saftighet	+/-
Kött får en jämförbar ² eller bättre ¹ smak och arom	Bra smak och arom	+
Grönsaker får en jämförbar eller bättre smak, liksom färg och utseende ²	Bra smak, färg och utseende	+/-
Mindre urlakning av smak- och färgämnen ²	Liten urlakning	+
Risk för lokalt uttorkade områden och lokalt högre temperaturer ²	Jämn (liten) uttorkning och jämn temperatur	-
Uttorkning av yta på grönsaker om en mindre mängd vatten inte tillsätts ²	Ingen eller liten uttorkning på ytan hos grönsaker	(-)
Lite mjukare textur i mitten och hårdare yttre delar hos broccoli och morötter ²	Jämn textur	+/-
Sämre textur, smak, arom och utseende hos bakad potatis ²	Bra textur, smak, arom och utseende	-

¹ Norman, 1995

³ El-Shimi, 1992

² Ohlsson & Åström, 1982

3.6.2 Saftighet

Saftigheten hos kött bestäms främst av den slutliga inre temperaturen. Om den inre temperaturen kontrolleras väl bör både konventionell och mikrovågstillagning ge samma resultat i saftighet (Ohlsson & Åström, 1982). I en studie gjord på rostbiff (El-Shimi, 1992) var endast ugnstemperaturen kontrollerad vilket kan vara orsaken till den lägre saftigheten. Vad gäller minskad mörhet hos kött kan den korta tiden för kokning i mikrovågsugn vara orsaken då kollagen i kött inte hinner brytas ner, vilket ger ett segare kött och sämre sensoriska egenskaper (Ohlsson & Åström, 1982).

Med avseende på saftighet är skillnaderna mellan rostbiff uppvärmd i mikrovågsugn respektive konventionellt uppvärmd, mindre än den vid tillagning med respektive metod (El-Shimi, 1992). Däremot borde kokningsförlusterna vid tillagning av kött vara lägre i mikrovågsugn, men studier har inte gett någon indikation på detta. Sannolikt beror det på ojämn upphettnings orsakad av resonans i mikrovågsgugnen (Ohlsson & Åström, 1982).

Bättre saftighet hos grönsaker som tillagas i mikrovågsugn tillsammans med lite vatten kan bero på en lägre yttemperatur, vilket gör att en mindre mängd vatten hinner evaporera under

tillagningen. Orsaken till att grönsakerna kan få en mjukare textur i centrum kan bero på större temperaturökning i mitten och en lägre ytemperatur, som gör att centrum tillagas och blir klar först. (Ohlsson & Åström, 1982)

3.6.3 Smak-, färgämnen och textur

Den mindre mängden vatten som ofta används vid tillagning i mikrovågsugn ha en positiv effekt på smak- och färgämnen i livsmedel tack vare den lägre urlakningen. En låg urlakning är positivt med avseende på nutritionella och sensoriska förluster. Vad gäller textur är skillnaderna få och beror främst på den stora temperaturökningen i centrum av livsmedlet och den lägre ytemperaturen. (Ohlsson & Åström, 1982)

3.6.4 Uttorkning

Orsaken till lokal uttorkning kan härledas till resonans i mikrovågsugnen som ger en ojämn uppvärmning och framförallt kan överhetta hörn och kanter på livsmedel. Utöver lokal uttorkning kan resonans orsaka överhettade områden och en ojämn temperatur i livsmedel (Risman, 1989). Det kan leda till problem med mikrobiologiska faror då mindre upphettade områden får en alltför låg temperatur för att inaktivera dessa (Jonsson & Ohlsson, 1989).

3.6.5 Optimala sensoriska egenskaper

För att få bäst resultat på livsmedel som värms eller tillagas i mikrovågsugn bör de vara homogena och jämna i storleken, grönsaker och fisk bör kokas i sitt eget spad, salt bör uteslutas, medan kött bör vara mört och tillagas i två steg- först på full effekt, sen på låg effekt (Almrin, 1989). Allt för att få ett väl tillagat livsmedel, med jämn temperatur och sensorisk upplevelse.

4 Diskussion

Generellt är mikrovågstillagning ett något bättre tillagningsalternativ när det gäller innehållet av proteiner, kolhydrater och vitamin B, men sämre med avseende på antinutritionella substanser. Det högre innehållet av antinutritionella substanser är negativt då de försämrar upptaget av både mineraler, protein och vitamin C, och kan därför ge en negativ effekt på innehållet av dessa, trots att dessa nutrienter finns i högre eller jämförbar mängd i mikrovågstillagad och konventionellt tillagad.

Totalt sett visar studierna som finns i denna litteraturstudie att konventionell och mikrovågstillagning är likvärdiga i flera aspekter. Tillagning i samma volym vatten har i de flesta studier gett liknande innehåll av respektive näringsämne, vilket visar att utlakning och värmekänsligheten är densamma för konventionell tillagning och mikrovågstillagning. Vid tillagning i mikrovågsugn krävs vanligen en betydligt mindre volym vatten än vid konventionell tillagning, vilket resulterar i en lägre förlust av näringsämnen. Detta visades i ett flertal av studierna. Det kan göra mikrovågstillagning till ett bättre alternativ på grund av den lägre utlakningen av bland annat vattenlösliga vitaminer, fenoler, glukosinolater och mineraler. Dock behöver både sensoriska och mikrobiologiska aspekter beaktas för ett smakligt och i vissa fall säkert tillagat livsmedel. Även jämnstora bitar av livsmedel och en lagom snabb uppvärmning där värmerusning undviks, är av vikt.

Anledningen till att många av studierna på vegetabilier inom ämnet är genomförda på broccoli beror sannolikt på dess förhållandevis höga innehåll av nutrienter och det faktum att broccoli är ett av de vegetabiliska livsmedel som vanligen förtärs i tillagad form. Många vegetabilier såsom citrusfrukter tillagas mycket sällan. Däremot finns det ett behov att undersöka andra vegetabilier som vanligen förtärs tillagade, som till exempel blomkål. Det kan också finnas ett intresse av att undersöka om uppvärmning av livsmedel i mikrovågsugn har samma effekt på livsmedel som tillagning i mikrovågsugn, då detta är ett mycket vanligt sätt att värma livsmedel på i västvärlden idag.

5 Referenser

- Almrin, K. (1989) Mikrovågsugnen i de enskilda hushållen, *Vår Föda*, 41, 4, 210- 216, SLU, Uppsala
- Baldwin, R. E., Korschgen, B. M., Russel, M. S., Mabesa, L. (1976) Proximate analysis, free amino acids, vitamin and mineral content of microwave cooked meat, *Journal of Food Science*, 41, nr 762
- Barbiroli, G., Garutti, M. S., & Mazzaracchio, P. (1972) Causes and effects of softening of vegetable products after different methods of cooking, *Rassenga Chim.*, 24, nr 361
- Becker, W., Håglin L., Aschan-Åberg, K. (2008) Mineralämnen, I: *Näringslära för högskolan*, femte upplagan, kap 11, 228, Nacka, Liber
- Berge, A. (2010) Myter om mikron, *Råd & Rön* (online), 2010-10-06, Internetkälla: http://www.radron.se/templates/Artikel____4319.aspx [tillgänglig 2011-04-06]
- Cross, G. A., Fung, D. Y. C. (1982) The effect of microwaves on nutrient value of foods, *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 51, 4, 355-381
- Coultate, T. (2009) Colours, *Food- The chemistry of its components*, femte upplagan, kap 6, 219-222, 287-289, Cambridge, RSCPublishing
- Csapó, J., Salamon, Sz., Varga- Visi, É., Csapó- Kiss, Zs. (2009) Influence of the microwave heating on the water soluble vitamin and D-amino acid content of meat, *Alimentaria*, 2, 81-88
- Danesi, F., Bordoni, A. (2008) Effect of home freezing and Italian style of cooking on antioxidant activity of edible vegetables, *Journal of Food Science*, 73, 109-112
- Danfors, S (1989) Mikrovågsugnen i de enskilda hushållen, *Vår Föda*, 41, nr 4, 165, SLU, Uppsala
- El- Adaway, T. A. (2002) Nutritional composition and antinutritional factors of chickpeas (*Cicer arietinum* L.) undergoing different cooking methods and germination, *Plant Foods for Human Nutrition*, 57, 83-97
- Ehlermann, D. A. E. (2002) Microwave processing, *Nutrition Handbook for Food Processors*, kap 18, 396-400, Woodhead Publishing
- El- Shimi, N. M. (1992) Influence of microwave and conventional cooking and reheating on sensory and chemical characteristics of roast beef, *Food Chemistry*, 45, 11-14
- Galgano, F., Favati, F., Caruso, M., Pietrafesa, A., Natella, S. (2007) The influence of processing and preservation on the retention of health-promotin compounds in broccoli, *Journal of Food Science*, 72, 130- 135
- Hernández- Infante, M., Sousa, V., Montalvo, I. (1998) Impact of microwave heating on hemagglutinins, trypsin inhibitors and protein quality of selected legume seeds, *Plant Foods for Human Nutrition*, 52, 199-208
- Jonsson, L. (1989) Näringsvärdesförändringar vid tillagning/uppvärmning i mikrovågsugn, *Vår Föda*, 41, 4, 188-194, SLU, Uppsala

- Jonsson, A., Ohlsson, T. (1989) Mikrovågorns effekt på mikroorganismer, *Vår Föda*, 41, 4, 181, SLU, Uppsala
- Khachik, F., Goli, M. B., Beecher, G. R. (1992) Effect of food preparation on qualitative and quantitative distribution of major carotenoid constituents of tomatoes and several green vegetables, *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 40, 390-398
- Khraisheh, M. A. M., McMinn, W. A. M., Magee, T. R. A. (2004) Quality and structural changes in starchy foods during microwave and convective drying, *Food Research International*, 37, 497-503
- Korschgen, B. M., Baldwin, R. E. (1978) Moist heat microwave and conventional cooking of round roasts of beef, *Journal of Microwave Power*, 13, 257
- López- Berenguer, C., Carvajal, M., Moreno, D. A., García- Viguera, C. (2007) Effect of microwave cooking conditions on bioactive compounds present in broccoli inflorescences, *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 55, 10001-10005
- Maranesi, M., Boichicchio, D., Montellato, L., Zaghini, A., Pagliuca, G., Badiani. (2005) Effect of microwave cooking or broiling on selected nutrient contents, fatty acid patterns and true retention values separable lean from lamb rib-loins, with emphasis on conjugated linoleic acid, *Food Chemistry*, 90, 207-218
- Masrizal, M. A., Giraud, D. W., Driskell, J. A. (1996) Retention of vitamin C, iron, and β -carotene in vegetables prepared using different cooking methods, *Journal of Food Quality*, 20, 403-418,
- Nilsson, G., Aschan- Åberg, K., Jonsson, L., Becker, W. (2008) Vitaminer, I: *Näringslära för högskolan*, kap 12, s 252-306, Nacka, Liber
- Norman, N., Potter. (1995) Irradiation/Microwave & Ohmic Processing of Foods, *Food Science*, Joseph H. Hotchkiss, kap 11, s 256- 261
- Ohlsson, T., (1982). Grunderna för mikrovågsvärmning av livsmedel, *SIK-rapport*, nr 515, s 2-4, Svenska livsmedelsinstitutet, Göteborg
- Ohlsson, T., Åström, A. (1982) Sensory and nutritional quality in microwave cooking, *SIK-publikation 361: Microwave World*, november- december 1982
- Pereira, R. N., Vicente, A. A. (2010) Environmental impact of novel thermal and non-thermal technologies in food processing, *Food Research International*, 43, 1936-1943
- Prabhanja, D. G., Ramaswamy, H. S., Raghavan, G. S. V. (1995) Microwave-assisted convective air drying on thin layer carrots, *Journal of Food Engineering*, 25, 283-293
- Risman, P-O. (1989) Hur fungerar mikrovågsugnen, *Vår Föda*, 41, nr 4, 172-176, Statens livsmedelsverk, Uppsala, Offsetcenter AB
- Sundin, A. (2010) Mikrovågsugn inte ett dåligt alternativ (online), *Second Opinion*. Internetkälla: <http://www.second-opinion.se/so/view/1496> [tillgänglig 2011-04-06]
- Svensson, T. (2009) Nyhetsbrev 5 (online), *Utbildningscenter*. Internetkälla: <http://www.utbildningscenter.se/dokument/nyhetsbrev.5.2009.pdf> [tillgänglig 2011-04-06]
- Toma, M. H., Augustin, J., Orr, P. H., Hogan, J. M., & Shaw, R. L. (1978) Changes in nutrient composition of potatoes during home preparation, I Proximate composition, *American Potatoe Journal*, 55, 639
- Traka, M., Mithen, R. (2009) Glucosinolates, isothiocyanates and human health, *Phytochemical Review*, 8, 269-282
- Turkmen, N., Sari, F., Velioglu, Y. S. (2005) The effect of cooking methods on total phenolics and antioxidant activity of selected green vegetables, *Food Chemistry*, 93, 713-718
- Uherová, R., Hozová, B., Smirnov, V. (1993) The effect of microwave heating on retention of some B vitamins, *Food Chemistry*, 46, 293-295
- Vadivambal, R., Jayas, D. S. (2010) Non-uniform temperature distribution during microwave heating of food materials- a review, *Food Bioprocess Technology*, 3, 161- 171
- Vallejo, F., Tomás-Barberán, F. A., García-Viguera. (2002) Glucosinolates and vitamin C content in edible parts of broccoli florets after domestic cooking, *European Food Research Technology*, 215, 310-316

- Watanabe, F., Abe, K., Fujita, T., Goto, M., Hiemori, M., Nakano, Y. (1998) Effects of microwave heating on the loss of vitamin B12 in foods, *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 46, 206-210
- Yoshida, H., Hirooka, N., Kajimoto, G. (1991) Microwave heating effects on relative stabilities of tocopherols in oils, *Journal of Food Science*, 56, 1042- 1046
- Yoshida, H., Kondo, I., Kajimoto, G. (1992) Effects of microwave energy on the relative stability of vitamin E in animal fats, *Journal of the Science of Food Agriculture*, 58, 531-534
- Yoshida, H., Takagi, S. (1999) Antioxidative effects of sesamol and tocopherols at various concentrations in oils during microwave heating, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, nr 79, s 220-226
- Yuan, G-f., Sun, B., Yuan, J., Wang, Q-m. (2009) Effects of different cooking methods on health-promoting compounds of broccoli, *Journal of Zhejiang University Science B*, 10, 580-588
- Zhang, D., Hamauzu, Y. (2004) Phenolics, ascorbic acid, carotenoids and antioxidant activity of broccoli and their changes during conventional and microwave cooking, *Food Chemistry*, 88, 503-509

Bilaga 1

Beräkning av vätskeinhåll och torrsubstans i revbensspjäll

Värden tagna från Maranesi et al., 2005

Innan tillagning: $75/126 = 60.3 \% \text{ H}_2\text{O}$ \Rightarrow $39.7 \% \text{ TS}$

Efter mikrovågstillagning: $63.8 \text{ g H}_2\text{O} + 39.7 \text{ g TS} = 103.5 \text{ g totalvikt}$
 $22.5 \% \text{ H}_2\text{O}$ avdunstade
 $39.7/103.5 = 38.4 \% \text{ TS}$ efter tillagning

Efter grillning: $62.3 \text{ g H}_2\text{O} + 39.7 \text{ g TS} = 102 \text{ g totalvikt}$
 $24 \% \text{ H}_2\text{O}$ avdunstade
 $39.7/102 = 38.9 \% \text{ TS}$ efter tillagning